

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 2 年 1 1 月 2 7 日

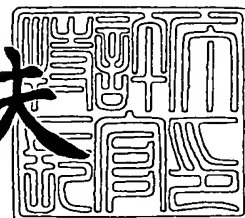
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 3 4 3 9 8 2  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 2 - 3 4 3 9 8 2 ]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社デンソー

2 0 0 3 年 9 月 2 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 IP7489

【提出日】 平成14年11月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05B 33/08

H05B 33/14

H05B 33/26

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

【氏名】 鈴木 晴規

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

【氏名】 森 薫

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

【氏名】 加藤 博道

【特許出願人】

【識別番号】 000004260

【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

【識別番号】 100100022

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 洋二

【電話番号】 052-565-9911

【選任した代理人】

【識別番号】 100108198

【弁理士】

【氏名又は名称】 三浦 高広

【電話番号】 052-565-9911

【選任した代理人】

【識別番号】 100111578

【弁理士】

【氏名又は名称】 水野 史博

【電話番号】 052-565-9911

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038287

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 有機 EL パネルおよびその修復方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部電極（20）と上部電極（40）との間に発光層（33）を含む有機層（30）を備えてなる画素（50）を有する有機 EL パネルにおいて、

使用時の電圧印加条件における前記有機層の耐圧以下の逆バイアス電圧を印加したときに、前記画素が自己修復できるようになっていることを特徴とする有機 EL パネル。

【請求項 2】 前記有機層（30）の耐圧は、使用時の電圧印加条件にて 1 分以下、駆動させたときの耐圧であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機 EL パネル。

【請求項 3】 前記逆バイアス電圧は、前記有機層（30）の耐圧の  $1/2$  以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の有機 EL パネル。


【請求項 4】 前記有機層（30）の耐圧を前記有機層の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度は  $3 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一つに記載の有機 EL パネル。

【請求項 5】 前記有機層（30）の耐圧を前記有機層の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度を計算する場合に前記有機層から導電性の有機膜を除外し、当該電界強度は  $3.4 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一つに記載の有機 EL パネル。

【請求項 6】 前記逆バイアス電圧を  $V_r$  とし、前記上部電極（40）の厚さを  $D_a$  とし、これら  $V_r$  と  $D_a$  との比  $V_r/D_a$  を  $X_a$  としたとき、前記  $X_a$  が  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一つに記載の有機 EL パネル。

【請求項 7】 前記上部電極（40）の厚さ  $D_a$  が  $100 \text{ nm}$  以下に薄くなっていることにより、前記  $X_a$  が  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上であることが確保されていることを特徴とする請求項 6 に記載の有機 EL パネル。

【請求項 8】 前記逆バイアス電圧を  $V_r$  とし、前記有機層（30）の厚さ



を  $D_y$  とし、これら  $V_r$  と  $D_y$  との比  $V_r/D_y$  を  $Y_a$  としたとき、前記  $Y_a$  が  $1.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか一つに記載の有機 EL パネル。

【請求項 9】 前記逆バイアス電圧を  $V_r$  とし、導電性の有機膜を除外した前記有機層 (30) の厚さを  $D_y'$  とし、これら  $V_r$  と  $D_y'$  との比  $V_r/D_y'$  を  $Y_a'$  としたとき、前記  $Y_a'$  が  $1.4 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上  $2.4 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか一つに記載の有機 EL パネル。

【請求項 10】 前記画素 (50) は 0.5% 以上の支燃性ガスを含有するガスにて封止されていることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか一つに記載の有機 EL パネル。

【請求項 11】 前記下部電極 (20) の表面粗さとして、平均表面粗さ  $R_a$  が 2 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか一つに記載の有機 EL パネル。

【請求項 12】 下部電極 (20) と上部電極 (40) との間に発光層 (33) を含む有機層 (30) を備えてなる画素 (50) を有する有機 EL パネルの修復方法において、

使用時の電圧印加条件における前記有機層の耐圧以下の逆バイアス電圧を印加することにより、前記画素を自己修復させることを特徴とする有機 EL パネルの修復方法。

【請求項 13】 前記有機層 (30) の耐圧として、使用時の電圧印加条件にて 1 分以下、駆動させたときの耐圧を用いることを特徴とする請求項 12 に記載の有機 EL パネルの修復方法。

【請求項 14】 前記逆バイアス電圧として、前記有機層 (30) の耐圧の  $1/2$  以下の電圧を用いることを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の有機 EL パネルの修復方法。

【請求項 15】 前記有機層 (30) の耐圧を前記有機層の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度が  $3 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上である有機 EL パネルを用いることを特徴とする請求項 12 ないし 14 のいずれか一つに記載

の有機ELパネルの修復方法。

【請求項16】 前記有機層（30）の耐圧を前記有機層の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度を計算する場合に前記有機層から導電性の有機膜を除外し、当該電界強度は $3.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上である有機ELパネルを用いることを特徴とする請求項12ないし14のいずれか一つに記載の有機ELパネルの修復方法。

【請求項17】 前記逆バイアス電圧を $V_r$ とし、前記上部電極（40）の厚さを $D_a$ とし、これら $V_r$ と $D_a$ との比 $V_a/D_a$ を $X_a$ としたとき、前記 $X_a$ を $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上とすることを特徴とする請求項12ないし16のいずれか一つに記載の有機ELパネルの修復方法。

【請求項18】 前記上部電極（40）の厚さ $D_a$ を100nm以下に薄くすることにより、前記 $X_a$ が $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上であることを確保するようにしたことを特徴とする請求項17に記載の有機ELパネルの修復方法。

【請求項19】 前記逆バイアス電圧を $V_r$ とし、前記有機層（30）の厚さを $D_y$ とし、これら $V_r$ と $D_y$ との比 $V_a/D_y$ を $Y_a$ としたとき、前記 $Y_a$ を $1.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上 $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以下とすることを特徴とする請求項12ないし18のいずれか一つに記載の有機ELパネルの修復方法。

【請求項20】 前記逆バイアス電圧を $V_r$ とし、導電性の有機膜を除外した前記有機層（30）の厚さを $D_{y'}$ とし、これら $V_r$ と $D_{y'}$ との比 $V_r/D_{y'}$ を $Y_{a'}$ としたとき、前記 $Y_{a'}$ を $1.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上 $2.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以下とすることを特徴とする請求項12ないし18のいずれか一つに記載の有機ELパネルの修復方法。

【請求項21】 前記画素（50）を0.5%以上の支燃性ガスを含有するガスにて封止した状態で、前記自己修復を行うことを特徴とする請求項12ないし20のいずれか一つに記載の有機ELパネルの修復方法。

【請求項22】 前記下部電極（20）として、平均表面粗さ $R_a$ が2nm以下のものを用いることを特徴とする請求項12ないし21のいずれか一つに記載の有機ELパネルの修復方法。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、有機エレクトロルミネッセンス（EL）パネルおよびその修復方法に関し、特に、使用時に上下電極の短絡による画素欠陥およびラインなどの表示不良を抑制した発光安定性に優れた有機ELパネルに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

有機ELパネルは、一对の電極すなわち下部電極と上部電極との間に有機EL材料からなる発光層を含む有機層を備えた画素を有するものである。その駆動は、画素に対して、発光時には順バイアス電圧が印加され、非発光時には逆バイアス電圧が印加されるようなパルス電圧を加えることで行う。

## 【0003】

このような有機ELパネルは、自己発光のため、視認性に優れ、かつ数V～数十Vの低電圧駆動が可能のため駆動回路を含めた軽量化が可能である。そこで薄膜型ディスプレイ、照明、バックライトとしての活用が期待できる。

## 【0004】

しかしながら、この有機ELパネルでは有機材料を使用しているために、電界や熱によって有機材料の変質や材料相互の拡散が起こりやすく、その結果として、上下電極の短絡が発生することがある。

## 【0005】

この不具合の対策として、従来では、逆方向のパルス電圧（逆バイアス電圧）を加えることで電子注入電極である上部電極を陽極酸化させたり、上部電極を飛散させて自己修復させる方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。そして、この技術の基本的な概念は、逆バイアスパルスの電圧エネルギーによって、上部電極のみを飛散させるものとされている。

## 【0006】

## 【特許文献1】

特開平11-162637号公報（第3-6頁、第2-3図）

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記した従来の上下電極の短絡防止対策においては、自己修復のために印加する電圧を決めるパラメータは、逆バイアス電圧の大きさとそのパルス幅等の条件と、上部電極であるA1の厚さによって決まるとされている。

## 【0008】

しかしながら、本発明者らが上記従来技術について検証したところ、これらのパラメータのみでは、自己修復を有効に実現することが不可能であることがわかった。

## 【0009】

具体的には、上記特許文献1の実施例にある35Vの逆バイアス電圧を印加する場合、逆バイアスパルスの電圧エネルギーが大きすぎて、画素の欠陥部のみではなく上部電極の全部が飛散してしまう場合が生じた。逆に、15Vの逆バイアス電圧では、欠陥部にて上部電極の飛散が不十分となって自己修復が有効に起きず、上下電極の短絡が発生してしまう場合が生じた。

## 【0010】

このように、従来では、上下電極の短絡を防止する目的で逆バイアス電圧を画素に対して印加する手法は提案されているものの、確実に自己修復できるような逆バイアス電圧の印加条件を決定することは困難であった。

## 【0011】

そこで、本発明は上記問題に鑑み、画素の自己修復を確実に実現できるような有機ELパネルおよびその修復方法を提供することを目的とする。

## 【0012】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、鋭意研究した結果、有機層の耐圧に着目して、その耐圧に対応した素子構造や逆バイアス電圧の印加方法を採用することで、自己修復作用を有効に発現させることが可能であることがわかった。いいかえれば、上部電極の飛散のメカニズムとして、有機層も関与しており、上部電極の飛散のみではないことがわかった。

## 【0013】



有機層の耐圧は、次のように定義した。基本的には、使用時の電圧印加条件における有機層の耐圧とした。有機層の耐圧は、有機ELパネルの原理から、逆バイアス電圧印加時の耐圧である。そして、その有機層の耐圧は逆バイアス電圧の印加方法に依存する。

#### 【0014】

そこで、その耐圧の評価においては、実際に駆動する場合のデューティ比、周波数などによって規定されるパルス幅と同一の状態で測定した電圧に基づいて、逆バイアス電圧の設定を行うべきである。

#### 【0015】

このようなことから、有機層の耐圧の評価は、所定のデューティ比やパルス幅を持つパルス電圧を画素に印加し、順方向に電流を流すことで発光させつつ、非発光時には逆バイアス電圧を印加するという使用時の電圧印加条件にて行った（図3参照）。

#### 【0016】

この操作において、順方向の電流は一定（つまり発光輝度はほぼ一定）のまま、逆バイアスの電圧を増加ながら、発光しなくなる逆バイアス電圧を耐圧とする。逆バイアス電圧の変え方は、各電圧毎に5秒以上1分以下の保持をしながら、数Vずつ上げていく方法とした（図4参照）。

#### 【0017】

このようにして、逆バイアス電圧を上昇させていくと、画素中の上部電極の一部もしくは全部が飛散する。このときの逆バイアス電圧の値を有機層の耐圧として定義する。この方法によれば、使用時の電圧印加条件における有機層の耐圧としてほぼ一定の値が得られる。

#### 【0018】

本発明は、上記したような有機層の耐圧を有機ELパネルにおいて求め、それを利用することで創出されたものである。

#### 【0019】

請求項1に記載の発明では、下部電極（20）と上部電極（40）との間に発光層（33）を含む有機層（30）を備えてなる画素（50）を有する有機EL

パネルにおいて、使用時の電圧印加条件における有機層の耐圧以下の逆バイアス電圧を印加したときに、画素が自己修復できるようになっていることを特徴とする。

#### 【0020】

それによれば、使用時の電圧印加条件における有機層の耐圧を指標として、自己修復するための逆バイアス電圧の値を適度な大きさに決定することができる。つまり、使用時において印加する電圧において、非発光時に印加する逆バイアス電圧を有機層の耐圧以下の大きさにすることで、上部電極の全部が飛散してしまうような過大な逆バイアス電圧の設定を防止できる。

#### 【0021】

また、有機層の耐圧を指標とするため、逆バイアス電圧の大きさは、その耐圧以下の大きさまでは許容される。そのため、逆バイアス電圧が小さすぎて自己修復が不十分になることも防止できる。

#### 【0022】

このように、本発明によれば、使用時にて画素の自己修復を従来よりも確実に実現することができる有機ELパネルを提供することができる。

#### 【0023】

ここで、本発明でいう自己修復とは、上部電極の一部、具体的には欠陥部の上に位置する上部電極の部分が飛散し、当該飛散した部分にて上下電極間が電氣的にオープンになり、それ以上、欠陥が拡がらなくなることである。

#### 【0024】

つまり、画素として一部欠陥は残るものの、画素の耐圧は回復し、発光可能となることである。さらには、上記飛散の発生後に残った上部電極が酸化して不導体化されることで下部電極との短絡が防止される現象も含むものである。

#### 【0025】

請求項2に記載の発明では、有機層（30）の耐圧は、使用時の電圧印加条件にて1分以下、駆動させたときの耐圧であることを特徴とする。

#### 【0026】

有機層の耐圧は、使用時間の経過に伴い低下していくが、使用時全般に渡って

効果を発揮させるには、使用初期の耐圧を採用するのが良い。そのような初期的な耐圧として、使用時の電圧印加条件にて1分以下、有機ELパネルを駆動させたときの耐圧とすることができる。

#### 【0027】

請求項3に記載の発明では、逆バイアス電圧は、有機層(30)の耐圧の1/2以下であることを特徴とする。

#### 【0028】

上記請求項1に記載の逆バイアス電圧においても、素子構造によっては、画素全体の上部電極(40)を飛散させる場合がある。そこで、好ましくは、逆バイアス電圧を有機層(30)の耐圧の1/2以下とすれば、素子構造にかかわらず自己修復させたい部位のみの上部電極の飛散に確実に止め得ることが実験的にわかった。

#### 【0029】

請求項4に記載の発明では、有機層(30)の耐圧を有機層の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度は $3 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上であることを特徴とする。

#### 【0030】

有機ELパネルにおいては、有機材料の種類にかかわらず有機層の耐圧は、そのトータル厚さで定義できることがわかった。そして、本発明の有機ELパネルとしては、上記電界強度が $3 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上であるものにできる。それによれば、上記手段の効果を有効に発揮することができる。

#### 【0031】

請求項5に記載の発明では、有機層(30)の耐圧を有機層の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度を計算する場合に有機層から導電性の有機膜を除外したとき、当該電界強度は $3.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上であることを特徴とする。

#### 【0032】

有機ELパネルにおいては、銅フタロシアニンに代表されるポルフィリン系の導電性材料を用いた層の厚さが、比較するパネルで異なる場合は、特にその厚さ

が 30 nm 程度以上と厚くなるほど、上記電界強度が一定にならない場合がある。

#### 【0033】

電界強度をより正確に比較する場合には、有機層から導電性の有機膜を除外した方がより好ましいことがわかった。その場合、上記請求項 4 に記載の電界強度を見直すと、 $3.4 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上であるものにできる。

#### 【0034】

それによれば、上記手段の効果を有効に発揮することができる。ここで重要な概念は、銅フタロシアニンに代表されるポルフィリン系の導電性材料は、抵抗体として寄与し、耐圧を有する半導体（絶縁体）ではないことである。

#### 【0035】

請求項 6 に記載の発明では、逆バイアス電圧を  $V_r$  とし、上部電極 (40) の厚さを  $D_a$  とし、これら  $V_r$  と  $D_a$  との比  $V_r/D_a$  を  $X_a$  としたとき、 $X_a$  が  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上であることを特徴とする。

#### 【0036】

逆バイアス電圧が小さすぎたり、上部電極が厚すぎると、上部電極が飛散しにくく、自己修復しにくい。その点、逆バイアス電圧  $V_r$  と上部電極の厚さ  $D_a$  との比  $V_r/D_a = X_a$  を  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上とすれば、より適切に自己修復を行うことができるため（図 7 参照）、好ましい。

#### 【0037】

請求項 7 に記載の発明では、上部電極 (40) の厚さ  $D_a$  が 100 nm 以下に薄くなっていることにより、 $X_a$  が  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上であることが確保されていることを特徴とする。

#### 【0038】

上記請求項 6 に記載の  $X_a$  の値を実現する手法として、逆バイアス電圧  $V_r$  を高くしすぎないほうが良い。つまり、上記請求項 2 に記載の発明のように、有機層の耐圧の  $1/2$  以下程度が好ましい。

#### 【0039】

そのため、逆バイアス電圧を低めに設定し、上部電極の厚さ  $D_a$  を 100 nm

以下に薄くすることで、上記  $X_a$  の値を実現することが好ましい。この厚さ  $D_a$  を  $100\text{ nm}$  以下としたことは、自己修復時の上部電極の飛散形状をレーザ照射などで測定することで、当該飛散形状が小さく且つ効果的に電氣的にオープンになる形状となる厚さ  $D_a$  を調べることで決めたものである。

#### 【0040】

請求項 8 に記載の発明では、逆バイアス電圧を  $V_r$  とし、有機層 (30) の厚さを  $D_y$  とし、これら  $V_r$  と  $D_y$  との比  $V_r/D_y$  を  $Y_a$  としたとき、 $Y_a$  が  $1.2 \times 10^6\text{ V/cm}$  以上  $2.2 \times 10^6\text{ V/cm}$  以下であることを特徴とする。

#### 【0041】

この比  $Y_a$  の値が小さいとは、同じ逆バイアス電圧で考えると有機層の厚さ  $D_y$  が厚い場合を示し、比  $Y_a$  の値が大きいとは有機層の厚さ  $D_y$  が薄い場合を示す。有機層が厚すぎると、有機層が飛散しにくいため自己修復が起きにくい。一方、有機層が薄すぎると、下部電極の凹凸などの影響から均一な有機層の厚さが実現できないため、有機層が飛散しすぎてしまい、表示品質の著しい低下を引き起こし、好ましくない。

#### 【0042】

その点、逆バイアス電圧  $V_r$  と有機層の厚さ  $D_y$  との比  $V_r/D_y = Y_a$  を  $1.2 \times 10^6\text{ V/cm}$  以上  $2.2 \times 10^6\text{ V/cm}$  以下の範囲とすれば、より適切に自己修復を行うことができるため (図 8 参照)、好ましい。

#### 【0043】

請求項 9 に記載の発明では、逆バイアス電圧を  $V_r$  とし、導電性の有機膜を除いた有機層 (30) の厚さを  $D_{y'}$  とし、これら  $V_r$  と  $D_{y'}$  との比  $V_r/D_{y'}$  を  $Y_{a'}$  としたとき、 $Y_{a'}$  が  $1.4 \times 10^6\text{ V/cm}$  以上  $2.4 \times 10^6\text{ V/cm}$  以下であることを特徴とする。

#### 【0044】

請求項 10 に記載の発明では、画素 (50) は  $0.5\%$  以上の支燃性ガスを含むガスにて封止されていることを特徴とする。

#### 【0045】

自己修復を効果的に発生させるためには、酸素などの支燃性ガスを用いるとよ

い。電極の飛散のみならず、電極の酸化作用（不導体化）によって、電氣的なオープン化をより確実に行うことができる。

【0046】

請求項11に記載の発明では、下部電極（20）の表面粗さとして、平均表面粗さRaが2nm以下であることを特徴とする。

【0047】

下部電極の表面粗さが粗いと、上下電極間の距離が部分的に小さくなり、有機層の耐圧も低下し、自己修復が発生しすぎて上部電極の断線などの不具合が生じやすい。その点、下部電極の表面粗さとして、平均表面粗さRaを2nm以下とすることで、そのような問題を回避しやすくでき、好ましい。

【0048】

また、請求項12に記載の発明では、下部電極（20）と上部電極（40）との間に発光層（33）を含む有機層（30）を備えてなる画素（50）を有する有機ELパネルの修復方法において、使用時の電圧印加条件における有機層の耐圧以下の逆バイアス電圧を印加することにより、画素を自己修復させることを特徴とする。

【0049】

それによれば、請求項1に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

【0050】

請求項13に記載の発明では、有機層（30）の耐圧として、使用時の電圧印加条件にて1分以下、駆動させたときの耐圧を用いることを特徴とする。

【0051】

上記請求項12に記載の修復方法においても、請求項13に記載の発明のように、初期的な耐圧として、使用時の電圧印加条件にて1分以下、有機ELパネルを駆動させたときの耐圧とすることができる。

【0052】

請求項14に記載の発明では、逆バイアス電圧として、有機層（30）の耐圧の1/2以下の電圧を用いることを特徴とする。

## 【0053】

それによれば、請求項3に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

## 【0054】

請求項15に記載の発明では、有機層(30)の耐圧を有機層の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度が $3 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上である有機ELパネルを用いることを特徴とする。

## 【0055】

それによれば、請求項4に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

## 【0056】

請求項16に記載の発明では、有機層(30)の耐圧を有機層の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度を計算する場合に有機層から導電性の有機膜を除外したとき、当該電界強度は $3.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上である有機ELパネルを用いることを特徴とする。

## 【0057】

それによれば、請求項5に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

## 【0058】

請求項17に記載の発明では、逆バイアス電圧を $V_r$ とし、上部電極(40)の厚さを $D_a$ とし、これら $V_r$ と $D_a$ との比 $V_a/D_a$ を $X_a$ としたとき、 $X_a$ を $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上とすることを特徴とする。

## 【0059】

それによれば、請求項6に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

## 【0060】

請求項18に記載の発明では、上部電極(40)の厚さ $D_a$ を100nm以下に薄くすることにより、 $X_a$ が $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上であることを確保するようにしたことを特徴とする。

## 【0061】

それによれば、請求項7に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

## 【0062】

請求項19に記載の発明では、逆バイアス電圧を $V_r$ とし、有機層(30)の厚さを $D_y$ とし、これら $V_r$ と $D_y$ との比 $V_a/D_y$ を $Y_a$ としたとき、 $Y_a$ を $1.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上 $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以下とすることを特徴とする。

## 【0063】

それによれば、請求項8に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

## 【0064】

請求項20に記載の発明では、逆バイアス電圧を $V_r$ とし、導電性の有機膜を除外した有機層(30)の厚さを $D_{y'}$ とし、これら $V_r$ と $D_{y'}$ との比 $V_r/D_{y'}$ を $Y_{a'}$ としたとき、 $Y_{a'}$ を $1.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上 $2.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以下とすることを特徴とする。

## 【0065】

それによれば、請求項9に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

## 【0066】

請求項21に記載の発明では、画素(50)を0.5%以上の支燃性ガスを含む有するガスにて封止した状態で、自己修復を行うことを特徴とする。

## 【0067】

それによれば、請求項10に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

## 【0068】

請求項22に記載の発明では、下部電極(20)として、平均表面粗さ $R_a$ が $2 \text{nm}$ 以下のものを用いることを特徴とする。

## 【0069】



それによれば、請求項 11 に記載の発明と同様の効果を発揮することのできる修復方法を提供できる。

#### 【0070】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

#### 【0071】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。図 1 は本発明の実施形態に係る有機 EL パネル S1 の概略断面構成を示す図である。この有機 EL パネル S1 は、ガラスや樹脂等の絶縁性の基板 10 の上に、下部電極 20、発光層 33 を含む有機層 30、および上部電極 40 が順次積層形成されている。

#### 【0072】

ここで、下部電極 20 および上部電極 40 が重なっている領域 50 における上下電極 20、40 および有機層 30 が、画素 50 として形成されている。ここで、図 2 は、図 1 に示す有機 EL パネル S1 の概略平面構成の一例を示す図である。

#### 【0073】

本例では、図 2 に示すように、これら両電極 20、40 は互いに直交するストライプ形状をなし、両ストライプ状電極 20、40 の交差する部分が画素 50 となっている。そして、この画素 50 は、一つが 0.3mm 角のサイズであり、256×64 のドットマトリクスを構成したものとしている。

#### 【0074】

下部電極 20 は、光学的に透明な ITO (Indium Tin Oxide) 膜等からなる。また、本実施形態では、有機層 30 は、正孔注入性有機材料等からなる正孔注入層 31、正孔輸送性有機材料等からなる正孔輸送層 32、正孔輸送性または電子輸送性の有機材料に発光色素を含有した材料等からなる発光層 33、電子輸送性有機材料からなる電子輸送層 34 が順次積層されてなる。

#### 【0075】

なお、有機層 30 を構成する各層 31、32、33、34 は、材料の異なる複

数の層からなるものでも良い。例えば、図 1 中に破線で区切って示すように、発光層 33 を 2 層 33a、33b、電子輸送層 34 を 2 層 34a、34b から構成しても良い。

#### 【0076】

また、上部電極 40 は A1 等の金属膜等からなる。これら画素 50 を構成する各層には、通常の有機 EL パネルに採用される材料もしくは採用の可能性のある材料を適用することができる。このような有機 EL パネル S1 は、スパッタリング法や真空蒸着法等を用いて、基板 10 の上に各層 20～40 を順次形成することにより製造できる。

#### 【0077】

そして、この有機 EL パネル S1 は、下部電極 20 を陽極、上部電極 40 を陰極として上下電極 20、40 間に電圧を印加することにより、駆動する。このとき、画素 50 に対して発光時には順バイアス電圧が印加されて発光し、非発光時にはクロストーク等による発光を抑えるため逆バイアス電圧が印加される。

#### 【0078】

具体的に、本例のドットマトリクスタイプの有機 EL パネル S1 においては、一つの画素 50 に対して、図 3 に示すような所定のデューティ比やパルス幅を有する駆動波形のパルス電圧が印加される。順バイアス電圧（順方向パルス）の印加時には、発光層 33 が発光し、逆バイアス電圧（逆バイアスパルス）の印加時には、非発光状態となる。

#### 【0079】

##### [本有機 EL パネルの自己修復作用]

上記図 3 に示すような駆動波形が、有機 EL パネルにおける使用時の電圧印加条件であり、本実施形態では、この使用時の電圧印加条件における有機層 30 の耐圧以下の逆バイアス電圧を印加したときに、画素 50 が自己修復できるようになっている。

#### 【0080】

有機層の耐圧は、実際に駆動する場合のデューティ比、周波数などによって規定されるパルス幅と同一の状態で測定した電圧に基づいて決められる。つまり、

図 3 に示す駆動波形において、順方向の電流は一定（つまり発光輝度はほぼ一定）のままで、逆バイアス電圧の大きさを増加ながら、発光しなくなる逆バイアス電圧を耐圧とする。

#### 【0081】

ここで、逆バイアス電圧の変え方は、図 4 に示すように、各電圧毎の保持時間を 5 秒以上 1 分以下としながら、数 V ずつ上げていく方法とする。このようにして、逆バイアス電圧を上昇させていくと、画素 50 中の上部電極 40 の一部もしくは全部が飛散する。この飛散が発生したときの逆バイアス電圧の値が有機層 30 の耐圧として定義される。

#### 【0082】

この方法によれば、使用時の電圧印加条件における有機層の耐圧としてほぼ一定の値が得られる。限定するものではないが、本例では、順バイアス電圧を 10 V に一定とし、各逆バイアス電圧において保持時間を 5 秒としながら、20 V から 1 V ずつ上昇させていくことにより、有機層 30 の耐圧を求めることができる。

#### 【0083】

さらに、本例の有機 EL パネル S1 では、複数個の画素 50 を有するため、各画素 50 における有機層 30 の耐圧は、ある一定の分布を持っている。具体的には、本例において、複数個の画素 50 について有機層 30 の耐圧を調べた結果、図 5 に示すような分布を有するものとなった。そして、本例における有機層 30 の耐圧は、その平均値すなわち平均耐圧（図 5 では 50 V）としている。

#### 【0084】

このようにして、使用時の電圧印加条件における有機層 30 の耐圧が定義された有機 EL パネル S1 において、本実施形態では、当該有機層 30 の耐圧以下の逆バイアス電圧を印加したときに、画素 50 が自己修復できるようになっている。

#### 【0085】

それによれば、使用時の電圧印加条件における有機層 30 の耐圧を指標として、自己修復するための逆バイアス電圧の値を適度な大きさに決定することができる。

る。つまり、使用時において印加する電圧条件（上記図3参照）において、非発光時に印加する逆バイアス電圧を有機層30の耐圧以下の大きさにすることで、上部電極40の全部が飛散してしまうような過大な逆バイアス電圧の設定を防止できる。

#### 【0086】

そして、有機層30の耐圧以下の大きさの逆バイアス電圧であっても、自己修復は十分に行うことができる。これは、自己修復される画素50の部分は欠陥部であるため、有機層30の耐圧よりも低い逆バイアス電圧を印加しても、欠陥部の上の上部電極40を飛散させるのに十分な電圧エネルギーやジュール熱を発生させ得るためであると考えられる。

#### 【0087】

また、有機層30の耐圧を指標とするため、逆バイアス電圧の大きさは、その耐圧以下の大きさまでは許容される。そのため、逆バイアス電圧が小さすぎて自己修復が不十分になることも防止できる。

#### 【0088】

このように、本実施形態によれば、使用時における画素の自己修復を従来よりも確実に実現することのできる有機ELパネルおよびそのような有機ELパネルの修復方法を提供することができる。

#### 【0089】

図6（a）、（b）は、本実施形態による自己修復の一例を模式的に示す断面図である。図6（a）は、欠陥部K1において上部電極40および有機層30に加えて下部電極20の一部まで飛散し、上下電極20、40間が電氣的にオープンになることで自己修復された例である。図6（b）は、有機層30の一部30'が残った状態で上下電極20、40が電氣的にオープンになることで自己修復された例である。

#### 【0090】

この図6に示すような自己修復は、例えば、次のようにして行われる。使用中（駆動中）の画素50において、欠陥部K1として短絡による微小破壊点が発生した際、自己修復可能な逆バイアス電圧の印加によって、電圧エネルギーやジュ

ール熱が欠陥部 K 1 に発生する。

#### 【 0 0 9 1 】

それにより、上部電極 4 0 が上方向に吹き飛び、欠陥部 K 1 の端部より外側へ後退するため、欠陥部 K 1 の径よりも上部電極 4 0 の無くなった部分が大きくなる。このため、欠陥部 K 1 の端部に上部電極 4 0 が存在しなくなり、その部分にて上下電極 2 0、4 0 間が電氣的にオープンになり、それ以上、欠陥が周囲に進行しない。

#### 【 0 0 9 2 】

つまり、画素 5 0 として一部欠陥は残るものの、画素 5 0 の耐圧は回復し、発光可能となることで自己修復がなされる。さらに、自己修復とは、図示しないが、飛散の発生後に残った上部電極 4 0 の表面が、酸化して不導体化されることで下部電極 2 0 との短絡が防止される現象も含むものである。この場合、多少、上部電極 4 0 の飛散が不十分であって下部電極 2 0 側へ上部電極 4 0 が垂れ下がってきても、短絡が防止される。

#### 【 0 0 9 3 】

また、図 4 を参照して上述したが、本実施形態において、有機層 3 0 の耐圧とは、使用時の電圧印加条件にて 1 分以下、駆動させたときの耐圧である。つまり、上記図 4 における保持時間を 1 分以下として、有機層 3 0 の耐圧を求めたことを意味している。

#### 【 0 0 9 4 】

有機層 3 0 の耐圧は、使用時間の経過に伴い低下していくため、使用の初期から長期の間すなわち使用時全般に渡って効果を発揮させるには、使用初期の耐圧を採用するのが良いことは明らかである。そのような初期的な耐圧として、使用時の電圧印加条件にて 1 分以下、有機 E L パネルを駆動させたときの耐圧とすることができる。

#### 【 0 0 9 5 】

##### [好適手段]

次に、本実施形態における好ましい手段を挙げておく。本実施形態の有機 E L パネル S 1 および修復方法においては、使用時の電圧印加条件における逆バイア

ス電圧が有機層 30 の耐圧の  $1/2$  以下である関係を有することが好ましい。

【0096】

有機層 30 の耐圧以下の逆バイアス電圧であっても、素子構造によっては、画素 50 全体の上部電極 40 を飛散させる場合がある。その点、逆バイアス電圧を有機層 30 の耐圧の  $1/2$  以下とすれば、素子構造にかかわらず自己修復させたい部位のみの上部電極 40 の飛散にとどめ得ることが確実にできる。

【0097】

さらに、上述したように、複数個の画素 50 間の製造ばらつきや製造ロット毎のばらつき等により、有機層 30 の耐圧は分布を持っているため、実際には、複数個の画素 50 について有機層 30 の耐圧を調べ、その平均耐圧を採用している。それに対して、逆バイアス電圧を有機層 30 の耐圧の  $1/2$  以下に低く抑えれば、平均値から外れた画素において上部電極 40 が飛散しすぎるのを防止しやすい。

【0098】

また、本実施形態の有機 EL パネル S1 および修復方法においては、有機層 30 の耐圧を有機層 30 の単位厚さ当たりの電界強度で表したとき、当該電界強度が  $3 \times 10^6 \text{V/cm}$  以上であるようにすることが好ましい。

【0099】

本発明者らの検討によれば、有機 EL パネルにおいては、有機材料の種類にかかわらず有機層 30 の耐圧は、そのトータル厚さで定義できることがわかった（後述の図 10 参照）。有機 EL パネル S1 としては、上記電界強度が  $3 \times 10^6 \text{V/cm}$  以上であるものにすることができ、それによれば、上記した本実施形態の効果を有効に発揮することができる。

【0100】

さらに好ましくは、電界強度を計算する場合に有機層 30 から導電性の有機膜を除外し、当該電界強度は  $3.4 \times 10^6 \text{V/cm}$  以上であることを特徴とする。それによれば、上記した本実施形態の効果を有効に発揮することができる。

【0101】

また、本実施形態の有機 EL パネル S1 および修復方法においては、逆バイア

ス電圧を $V_r$ とし、上部電極40の厚さを $D_a$ とし、これら $V_r$ と $D_a$ との比 $V_r/D_a$ を $X_a$ としたとき、 $X_a (=V_r/D_a)$ の値が $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上であることが好ましい。

#### 【0102】

逆バイアス電圧が小さすぎたり、上部電極40が厚すぎると、上部電極40が飛散しにくく、自己修復しにくい。つまり、 $X_a (=V_r/D_a)$ の値が小さすぎると自己修復しにくい。そこで、本発明者らは、有機ELパネルS1において、上記比 $V_r/D_a = X_a$ と上下電極20、40の短絡率との関係を調べた。その結果を図7に示す。

#### 【0103】

図7では、上下電極の短絡率は、使用時間としての耐久時間が1000時間後すなわち有機ELパネルS1を1000時間駆動させた後において、上下電極20、40の短絡部が自己修復されなかった部分（例えばライン欠陥等）の発生率を表している。

#### 【0104】

図7から、上記比 $V_r/D_a = X_a$ が $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 未満の場合では、上部電極40が厚すぎたり、逆バイアス電圧が小さすぎたりして上部電極40の飛散が不十分であって自己修復しにくい、上記比 $V_r/D_a = X_a$ を $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上とすれば、適切に自己修復できることがわかる。

#### 【0105】

さらに、この比 $X_a (=V_r/D_a)$ を $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上に確保することは、上部電極40の厚さ $D_a$ を100nm以下に薄くすることにより実現することが好ましい。

#### 【0106】

これは、上記比 $X_a$ の値を実現する手法として、逆バイアス電圧 $V_r$ を高くしすぎないほうが良いためである。つまり、上述したように、なるべく有機層30の耐圧の1/2以下程度に逆バイアス電圧 $V_r$ を抑えることが好ましいためである。

#### 【0107】

そのため、逆バイアス電圧を低めに設定し、上部電極 40 の厚さ  $D_a$  を 100 nm 以下に薄くすることで、上記  $X_a$  の値を実現することが好ましい。この厚さ  $D_a$  を 100 nm 以下としたことは、自己修復時の上部電極 40 の飛散形状をレーザー照射などで測定することで、当該飛散形状が小さく且つ効果的に電氣的にオープンになる形状となる厚さ  $D_a$  を調べることで決めたものである。

#### 【0108】

また、本実施形態の有機 EL パネル S1 および修復方法においては、逆バイアス電圧を  $V_r$  とし、有機層 30 の厚さを  $D_y$  とし、これら  $V_r$  と  $D_y$  との比  $V_r/D_y$  を  $Y_a$  としたとき、この比  $Y_a$  が  $1.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以下であることが好ましい。

#### 【0109】

この比  $Y_a$  の値が小さいとは、同じ逆バイアス電圧で考えると有機層 30 の厚さ  $D_y$  が厚い場合を示し、比  $Y_a$  の値が大きいとは有機層 30 の厚さ  $D_y$  が薄い場合を示す。

#### 【0110】

有機層 30 が厚すぎると、有機層 30 が飛散しにくいため自己修復が起きにくい。一方、有機層 30 が薄すぎると、下部電極 20 の凹凸などの影響から均一な有機層 30 の厚さが実現できないため、有機層 30 が飛散しすぎてしまい、表示品質の著しい低下を引き起こし、好ましくない。

#### 【0111】

そこで、本発明者らは、本実施形態の有機 EL パネル S1 において、上記比  $V_r/D_a = Y_a$  と上下電極 20、40 の短絡率との関係を調べた。その結果を図 8 に示す。

#### 【0112】

図 8 では、上下電極の短絡率は、上記図 7 と同じ定義としている。図 8 から、上記比  $V_r/D_a = Y_a$  が  $1.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  未満の場合では、有機層 30 が厚すぎたり、逆バイアス電圧が小さすぎたりして有機層 30 や上部電極 40 の飛散が不十分であって自己修復しにくいことがわかる。

#### 【0113】



一方、上記比  $V_r/D_a = Y_a$  が  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  よりも大きい場合は、有機層 30 が薄すぎて有機層 30 が飛散しすぎてしまい、表示品質の著しい低下を引き起こし、好ましくない。このような検討結果から、上記比  $V_r/D_a = Y_a$  を  $1.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以下とすれば、適切に自己修復できることがわかった。

#### 【0114】

また、本実施形態の有機 EL パネル S1 および修復方法においては、画素 50 は 0.5% 以上の酸素等の支燃性ガスを含有するガスにて封止されていることが好ましい。

#### 【0115】

このことは、具体的には図示しないが、有機 EL パネル S1 の上部を 0.5% 以上の酸素等の支燃性ガスを含む乾燥窒素等のガスを充填した封止缶で密封すること等により実現することができる。

#### 【0116】

自己修復を効果的に発生させるためには、酸素などの支燃性ガスを用いるとよい。それによれば、上部電極 40 の飛散のみならず、上部電極 40 の酸化作用（不導体化）によって、電氣的なオープン化をより確実に行うことができ、好ましい。

#### 【0117】

また、本実施形態の有機 EL パネル S1 および修復方法においては、下部電極 20 の表面粗さとして、平均表面粗さ  $R_a$  が  $2 \text{ nm}$  以下であるようにすることが好ましい。

#### 【0118】

具体的には、下地となる下部電極 20 が ITO の場合、ITO の成膜後にバフ研磨等にて ITO を研磨する等によって平滑化を図れる。さらに好ましくは、ITO のパターニング後に研磨するなど、下部電極 20 のエッジで有機層 30 が薄くなるのを防ぐ必要がある。

#### 【0119】

下部電極 20 の表面粗さが粗いと、上下電極 20、40 間の距離が部分的に小

さくなり、結果、有機層 30 の耐圧も低下し、自己修復が発生しすぎて上部電極 40 の断線などの不具合が生じやすい。その点、下部電極 20 の平均表面粗さ  $R_a$  を 2 nm 以下とすることで、そのような問題を回避しやすくでき、好ましい。

#### 【0120】

次に、本実施形態について、以下の実施例としての具体例 1～5 を参照して、より具体的に説明することとする。

#### 【0121】

図 9 はこれら各具体例 1～5 に用いた有機 EL パネル S1 の下部電極表面粗さ  $R_a$  (nm)、有機層厚さ  $D_y$  (nm)、上部電極（陰極）厚さ  $D_a$ 、逆バイアス電圧  $V_r$  (V)、有機層の耐圧  $V_d$  (V)、有機層の耐圧の電界強度  $V_d/D_y$  (V/cm)、上記比  $X_a$ 、比  $Y_a$  等を示した図表である。

#### 【0122】

また、下記具体例中には、有機層（30）の耐圧  $V_d$  を導電性の有機膜を除外した有機層厚さ  $D_y'$  (nm) で割ったときの有機層の単位厚さ当たりの電界強度  $V_d/D_y'$  (V/cm)、および、逆バイアス電圧  $V_r$  と導電性の有機膜を除外した有機層 30 の厚さ  $D_y'$  との比  $V_r/D_y'$  である  $Y_a'$  (V/cm) も示した。

#### 【0123】

##### [具体例 1]

本例では、基板 10 はガラス基板、下部電極（陽極）20 はスパッタリング法にて形成された膜厚 150 nm 程度の ITO 膜であり、正孔注入性電極すなわち陽極として構成されたものとした。また、下部電極 20 の表面を研磨することにより、 $R_a = 1.2$  nm にした。

#### 【0124】

本例の有機層 30 は、UV オゾンによる ITO 表面の前処理をした後、真空チャンバーに入れ、真空蒸着法にて形成した。まず、正孔注入層 31 として、銅フタロシアニン (CuPc) を 15 nm 成膜し、その上に正孔輸送層 32 として、 $\alpha$ -ナフチル・フェニル・ベンゼンを 50 nm 成膜し、発光層 33 として、クマリンを 1% ドープしたアルミキノリノールを 40 nm 成膜し、電子輸送層 34 と

して、アルミキノリノールを30nm程度成膜した。この場合、発光色は緑色である。

#### 【0125】

さらに、上部電極（陰極）40として、LiFを0.5nm、Alを80nm積層蒸着した。そして、このパネルを露点が-70℃である乾燥窒素雰囲気に入れ、支燃性ガスとして1%の酸素を導入した後、封止缶を用いて封止した。

#### 【0126】

この有機ELパネルS1を、120Hzにて、1/64のデューティ比で駆動する場合の有機層30の耐圧 $V_d$ は、50Vであった。なお、本例の有機層30の耐圧50Vは、上記図5に示す平均耐圧に相当する。この有機層30の耐圧は、有機層30の単位厚さ当たりの電界強度 $V_d/D_y$ では $3.7 \times 10^6 \text{V/cm}$ である。

#### 【0127】

また、導電性の有機膜である正孔注入層31の銅フタロシアニン（CuPc）の厚さ15nmを除外した場合、当該電界強度 $V_d/D_y'$ は $4.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ である。

#### 【0128】

駆動としては、1/64のデューティ比となるように、順方向パルス（順バイアス電圧）は定電流駆動で、初期輝度が $200 \text{cd/m}^2$ となるように調整した。そのときの順方向パルスの電圧は10V程度であった。順方向パルス以外の時は、逆バイアス電圧として20Vの逆バイアスパルス进行加した。

#### 【0129】

このとき、上記比 $X_a (=V_r/D_a)$ は $2.5 \times 10^6 \text{V/cm}$ であり、 $Y_a (=V_r/D_y)$ は $1.48 \times 10^6 \text{V/cm}$ である。また、 $Y_a' (=V_r/D_y')$ は $1.7 \times 10^6 \text{V/cm}$ である。

#### 【0130】

この有機ELパネルS1を耐久評価したところ、80℃の高温作動でも1000時間以上、ライン欠陥等の上下電極20、40の短絡に至る不具合はまったく発生せず、自己修復が適切になされたことが確認された。ちなみに、比較例とし

て、有機層 30 の耐圧 50 V を超える逆バイアス電圧を印加して同様に駆動させ、耐久評価したが、100 時間以内にライン欠陥が生じた。

#### 【0131】

なお、本具体例 1 における封止缶中の酸素濃度は 1 % としたが、0.5 % 以上であれば上部電極 40 の酸化（不導体化）に効果があることは確認済みである。

#### 【0132】

ここで、本具体例 1 の変形例を示しておく。この変形例 1 では、本具体例 1 の  $X_a (=V_r/D_a)$  である  $2.5 \times 10^6 \text{ V/cm}$  に対して、より低い  $X_a$  としたもので、具体例 1 と同じパネル S1 を、逆バイアス電圧 13 V で駆動 ( $X_a = 1.6 \times 10^6 \text{ V/cm}$ ) した。

#### 【0133】

その結果、高温作動において、200 時間までは上下電極 20、40 の短絡によるライン欠陥が発生しなかった。これは、上記具体例 1 よりは自己修復の効果が小さいものの、上記比較例に比して自己修復の効果があつたことを示す。

#### 【0134】

変形例 2 では、本具体例 1 の有機層 30 の耐圧 50 V に対する逆バイアス電圧 20 V に比べて、より高い逆バイアス電圧としたもので、具体例 1 と同じパネル S1 を、逆バイアス電圧 30 V（耐圧の 1/2 以上）で駆動 ( $X_a = 3.1 \times 10^6 \text{ V/cm}$ ) した。

#### 【0135】

その結果、高温作動において、700 時間までは上下電極 20、40 の短絡によるライン欠陥が発生しなかった。これは、上記具体例 1 よりは自己修復の効果が小さいものの、上記比較例に比して自己修復の効果があつたことを示す。

#### 【0136】

変形例 3 では、本具体例 1 の  $X_a (=V_r/D_a)$  である  $2.5 \times 10^6 \text{ V/cm}$  に対して、より低い  $X_a$  としたもので、具体例 1 と同じパネル S1 において上部電極 40 の厚さを 130 nm に薄くして、逆バイアス電圧 20 V で駆動 ( $X_a = 1.53 \times 10^6 \text{ V/cm}$ ) した。

#### 【0137】

その結果、高温作動において、600時間までは上下電極20、40の短絡によるライン欠陥が発生しなかった。これは、上記具体例1よりは自己修復の効果が小さいものの、上記比較例に比して自己修復の効果があったことを示す。

#### 【0138】

##### [具体例2]

本具体例2では、上記具体例1に比べて、白色発光素子とし、有機層30をより厚く、上部電極（陰極）をより薄くしたものである（図9参照）。

#### 【0139】

ガラス基板10上に上部電極（陽極）20として320nm程度の厚さのITO膜を形成した。このITO膜の表面を研磨により、 $Ra = 1.2\text{ nm}$ にした。その後、UVオゾンによるITO表面の前処理をした後、真空チャンバーに入れた。

#### 【0140】

本例の有機層30は、まず、正孔注入層31として、銅フタロシアニン（CuPc）を15nm成膜し、その上に正孔輸送層32として、3級アミン4量体を57nm成膜した。

#### 【0141】

発光層33としては、正孔輸送層32側から順に黄色発光層33a、青色発光層33bの2層構成とし、混色として白色発光させるものとした。本例では、黄色発光層33aとして、ルブレンを6%ドーピングした3級アミン4量体を1nm成膜し、さらに青色発光層33bとして、ペリレンを5%ドーピングしたアダマンタン誘導体を40nm成膜した。

#### 【0142】

次に、本例では、電子輸送層34として、発光層33側から順に第1の電子輸送層34a、第2の電子輸送層34bの2層構成とした。第1の電子輸送層34aとして、アダマンタン誘導体のノンドープ層を20nm成膜し、第2の電子輸送層34bとして、アルミキノリノールを10nm程度成膜した。

#### 【0143】

さらに、上部電極（陰極）40として、LiFを0.5nm、Alを70nm

積層蒸着した。そして、このパネルを露点が $-70^{\circ}\text{C}$ である乾燥窒素雰囲気に入れ、支燃性ガスとして1%の酸素を導入した後、封止缶を用いて封止した。

#### 【0144】

この有機ELパネルS1を、 $120\text{Hz}$ にて、 $1/64$ のデューティ比で駆動する場合の有機層30の耐圧 $V_d$ は、 $53\text{V}$ であった。この有機層30の耐圧は、有機層30の単位厚さ当たりの電界強度 $V_d/D_y$ では $3.7 \times 10^6\text{V/cm}$ である。

#### 【0145】

また、導電性の有機膜である正孔注入層31の銅フタロシアニン ( $\text{CuPc}$ ) の厚さ $15\text{nm}$ を除外した場合、当該電界強度 $V_d/D_y'$  は $4.1 \times 10^6\text{V/cm}$ である。

#### 【0146】

駆動としては、 $1/64$ のデューティ比となるように、順方向パルス（順バイアス電圧）は定電流駆動で、初期輝度が $200\text{cd/m}^2$ となるように調整した。そのときの順方向パルスの電圧は $11\text{V}$ 程度であった。順方向パルス以外の時は、逆バイアス電圧として $20\text{V}$ の逆バイアスパルス进行印加した。

#### 【0147】

このとき、上記比 $X_a (=V_r/D_a)$  は $2.85 \times 10^6\text{V/cm}$ であり、 $Y_a (=V_r/D_y)$  は $1.4 \times 10^6\text{V/cm}$ である。また、 $Y_a' (=V_r/D_y')$  は $1.6 \times 10^6\text{V/cm}$ である。

#### 【0148】

この有機ELパネルS1を耐久評価したところ、 $80^{\circ}\text{C}$ の高温作動でも $1500$ 時間以上、ライン欠陥等の上下電極20、40の短絡に至る不具合はまったく発生せず、自己修復が適切になされたことが確認された。本具体例2では、比 $X_a$ をより大きくしたことで、より自己修復機能が高くなったと考えられる。

#### 【0149】

##### [具体例3]

本具体例3では、上記具体例1に比べて、下部電極20としてのITO膜の表面粗さをより大きく、上部電極40をより薄くしたものである（図9参照）。

## 【0150】

本例の有機ELパネルS1は、上記具体例1のパネルを基本として、ITO膜の表面粗さRaを1.8nmとした。

## 【0151】

下部電極20の表面粗さを粗くすることで有機層30の耐圧は低下すると考えられるが、実際に、この有機ELパネルS1を、120Hzにて、1/64のデューティ比で駆動する場合の有機層30の耐圧Vdは、40.5Vであった。この有機層30の耐圧は、有機層30の単位厚さ当たりの電界強度Vd/Dyでは $3.0 \times 10^6 \text{V/cm}$ である。また、電界強度Vd/Dy'は $3.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ である。

## 【0152】

さらに、本例では、上記具体例1と同様の120Hz、1/64のデューティ比で駆動する場合において16.5Vの逆バイアス電圧を印加しても、上記比Xa(=Vr/Da)が $2.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 以上であることを確保できるように、上部電極(陰極)40の厚さDaを60nmとした。また、本例では、Ya(=Vr/Dy)は $1.2 \times 10^6 \text{V/cm}$ である。また、Ya'(=Vr/Dy')は $1.4 \times 10^6 \text{V/cm}$ である。

## 【0153】

この有機ELパネルS1を耐久評価したところ、80℃の高温作動でも1000時間以上、ライン欠陥等の上下電極20、40の短絡に至る不具合はまったく発生せず、自己修復が適切になされたことが確認された。

## 【0154】

## [具体例4]

本具体例4では、上記具体例1に比べて、下部電極20としてのITO膜の表面粗さをより小さく、有機層30をより薄くしたものである(図9参照)。

## 【0155】

本例の有機ELパネルS1は、上記具体例1のパネルを基本として、ITO膜の表面粗さRaを0.6nmと小さくし、正孔注入層31の厚さは15nmのまま、正孔輸送層32の厚さを30nm、発光層33の厚さを30nm、電子輸送

層 34 の厚さを 10 nm と薄くした。

【0156】

この有機 EL パネル S1 を、120 Hz にて、1/64 のデューティ比で駆動する場合の有機層 30 の耐圧  $V_d$  は、30 V であった。この有機層 30 の耐圧は、有機層 30 の単位厚さ当たりの電界強度  $V_d/D_y$  では  $3.5 \times 10^6 \text{ V/cm}$  である。また、電界強度  $V_d/D_y'$  は  $4.3 \times 10^6 \text{ V/cm}$  である。

【0157】

さらに、本例では、上記具体例 1 と同様の 120 Hz、1/64 のデューティ比で駆動する場合において 14 V の逆バイアス電圧を印加しても、上記比  $X_a$  ( $=V_r/D_a$ ) が  $2.2 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上であることを確保できるように、上部電極 (陰極) 40 の厚さ  $D_a$  を 60 nm とした。また、本例では、 $Y_a$  ( $=V_r/D_y$ ) は  $1.6 \times 10^6 \text{ V/cm}$  である。また、 $Y_a'$  ( $=V_r/D_y'$ ) は  $2.0 \times 10^6 \text{ V/cm}$  である。

【0158】

この有機 EL パネル S1 を耐久評価したところ、80℃の高温作動でも 1000 時間以上、ライン欠陥等の上下電極 20、40 の短絡に至る不具合はまったく発生せず、自己修復が適切になされたことが確認された。

【0159】

[具体例 5]

本具体例 5 では、上記具体例 1 に比べて、駆動の印加電圧においてデューティ比を変えて有機層 30 の耐圧を変えたものである (図 9 参照)。

【0160】

上記具体例 1 と同一の有機 EL パネル S1 を用いて、120 Hz にて、1/32 のデューティ比で駆動した場合の有機層 30 の耐圧は 46 V であり、具体例 1 よりも小さくなった。この有機層 30 の耐圧  $V_d$  は、有機層 30 の単位厚さ当たりの電界強度  $V_d/D_y$  では  $3.4 \times 10^6 \text{ V/cm}$  である。また、電界強度  $V_d/D_y'$  は  $3.8 \times 10^6 \text{ V/cm}$  である。

【0161】

駆動としては、1/32 のデューティ比となるように、順方向パルス (順バイ



アス電圧)は定電流駆動で、初期輝度  $200 \text{ cd/m}^2$  となるように調整した。そのときの順方向パルスの電圧は  $8 \text{ V}$  程度であった。順方向パルス以外の時は、逆バイアス電圧として  $18 \text{ V}$  の逆バイアスパルスを印加した。

#### 【0162】

このとき、上記比  $X_a (=V_r/D_a)$  は  $2.3 \times 10^6 \text{ V/cm}$  であり、 $Y_a (=V_r/D_y)$  は  $1.33 \times 10^6 \text{ V/cm}$  である。また、 $Y_a' (=V_r/D_y')$  は  $1.5 \times 10^6 \text{ V/cm}$  である。

#### 【0163】

この有機ELパネルS1を耐久評価したところ、 $80^\circ\text{C}$  の高温作動でも1000時間以上、ライン欠陥等の上下電極20、40の短絡に至る不具合はまったく発生せず、自己修復が適切になされたことが確認された。

#### 【0164】

また、以上の各具体例1～5ではいずれも、有機層30の耐圧として、有機層30の単位厚さ当たりの電界強度が  $3 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上である。図10は、本発明者らが調べた有機層30の厚さ (nm) と有機層30の平均耐圧 (V) との関係を示す図であり、各具体例1～5の電界強度もプロットしてある。

#### 【0165】

この図10に示されるように、本発明者らの検討によれば、有機ELパネルにおいては、有機材料の種類にかかわらず有機層30の耐圧は、そのトータルの厚さで定義できることがわかった。そして、 $3 \times 10^6 \text{ V/cm}$  以上の電界強度とした具体例1～5にて、自己修復の効果が十分に発揮されている。

#### 【0166】

(他の実施形態)

なお、有機ELパネルとしては、ドットマトリクスタイプのような複数個の画素50を有するもの以外にも、一つの画素で構成されたものでも良い。その場合、有機層の耐圧は、同一構成のパネルを複数個用いて、平均の耐圧として求めればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態に係る有機ELパネルの概略断面図である。

【図2】

図1に示す有機ELパネルの概略平面構成の一例を示す図である。

【図3】

有機ELパネルにおける使用時の電圧印加条件としての駆動波形の一例を示す図である。

【図4】

有機層の耐圧を決めるために逆バイアス電圧を上昇させていく方法を示す図である。

【図5】

複数個の画素について有機層の耐圧を調べた結果による耐圧分布の一例を示す図である。

【図6】

上記実施形態による自己修復の一例を模式的に示す断面図である。

【図7】

逆バイアス電圧 $V_r$ と上部電極厚さ $D_a$ との比 $V_a/D_a$ と、上下電極の短絡率との関係を調べた結果を示す図である。

【図8】

逆バイアス電圧 $V_r$ と有機層厚さ $D_y$ との比 $V_r/D_y$ と、上下電極の短絡率との関係を調べた結果を示す図である。

【図9】

上記実施形態の具体例に用いた有機ELパネルの諸物性を示す図表である。

【図10】

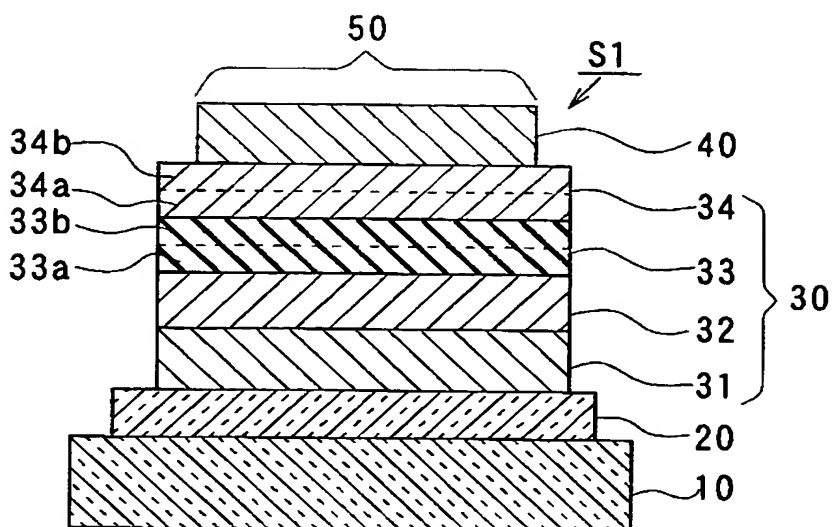
本発明者らが調べた有機層の厚さと有機層の平均耐圧との関係を示す図である。

【符号の説明】

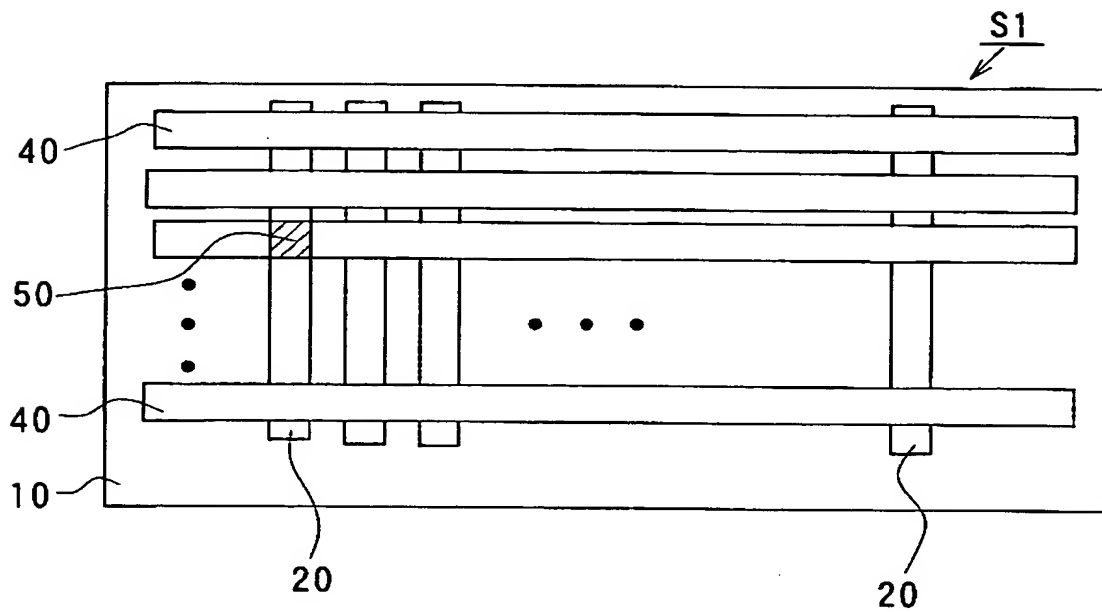
20…下部電極、30…有機層、33…発光層、40…上部電極、  
50…画素。

【書類名】 図面

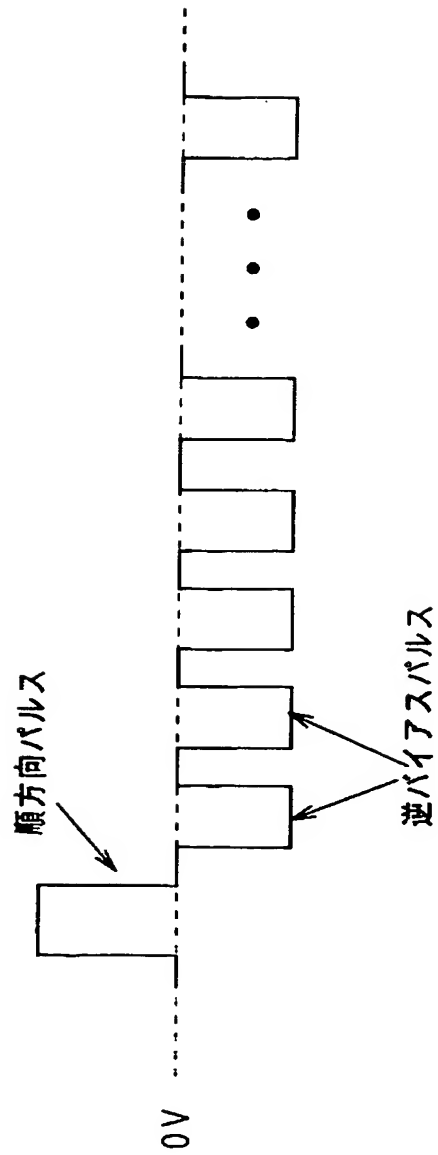
【図 1】



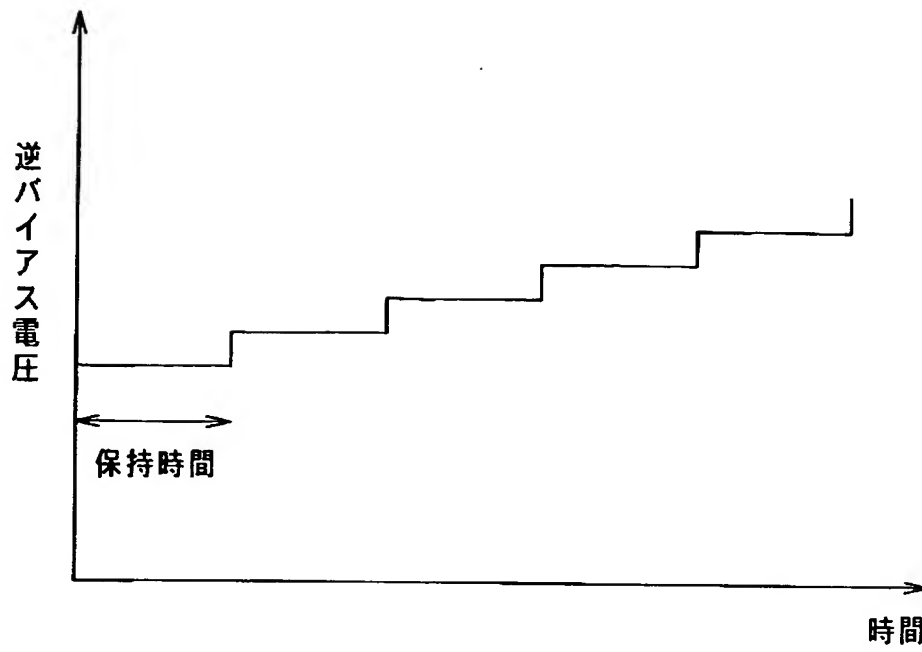
【図 2】



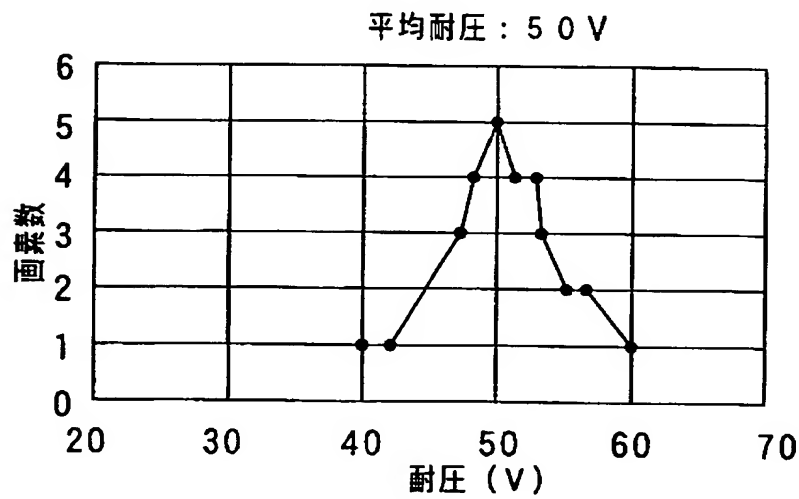
【図 3】



【図 4】

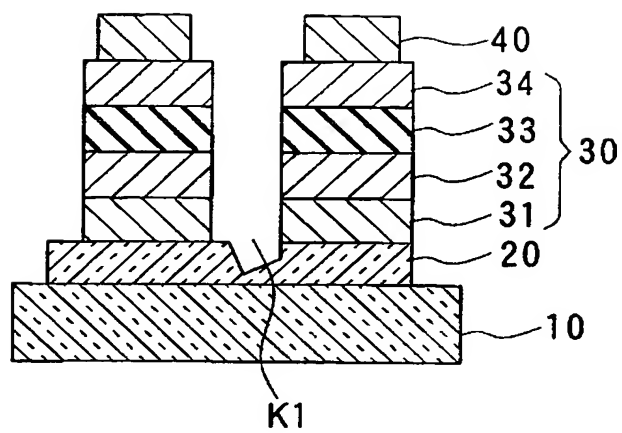


【図 5】

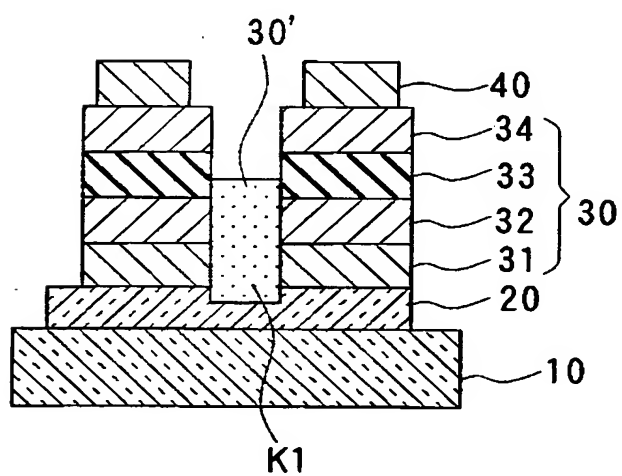


【図 6】

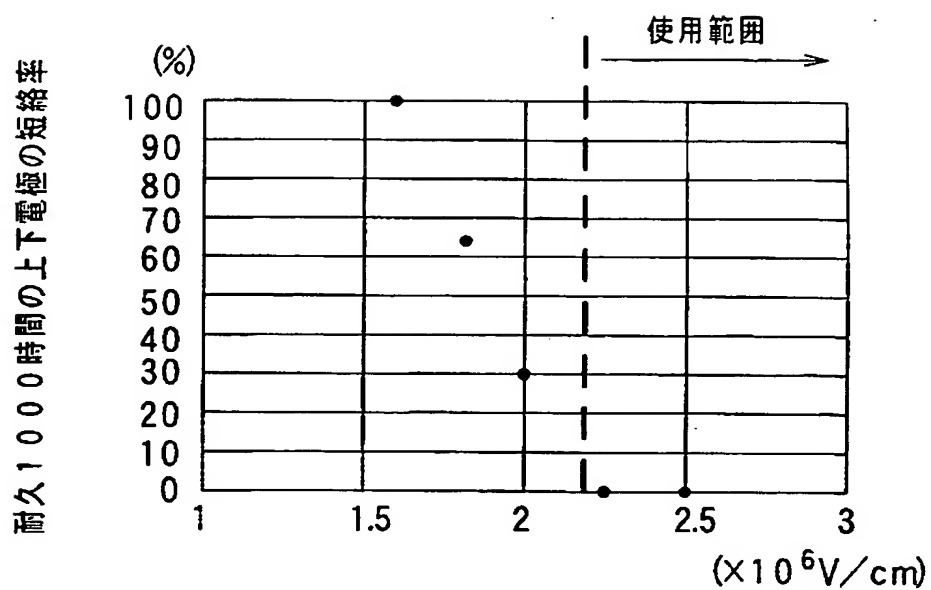
(a)



(b)

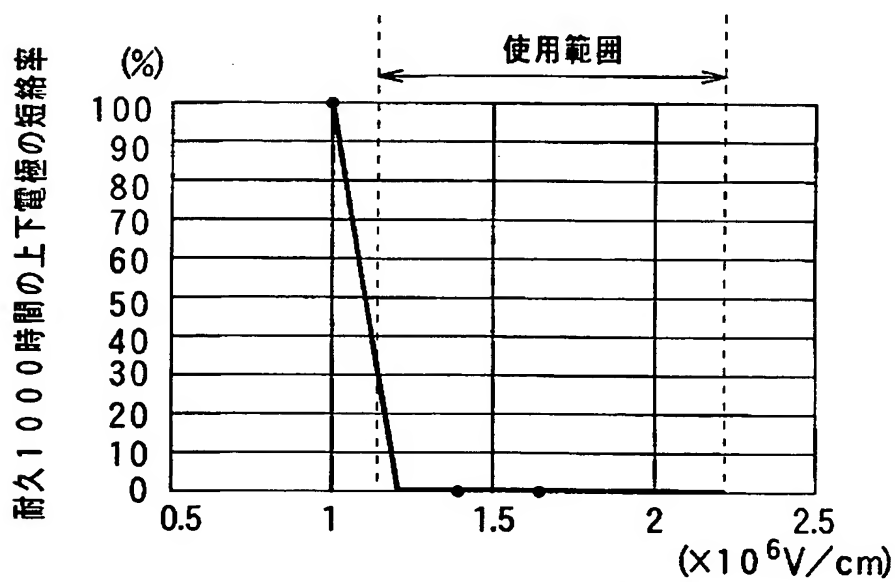


【図 7】



逆バイアス電圧  $V_r$  / 上部電極厚さ  $D_a = X_a$

【図 8】



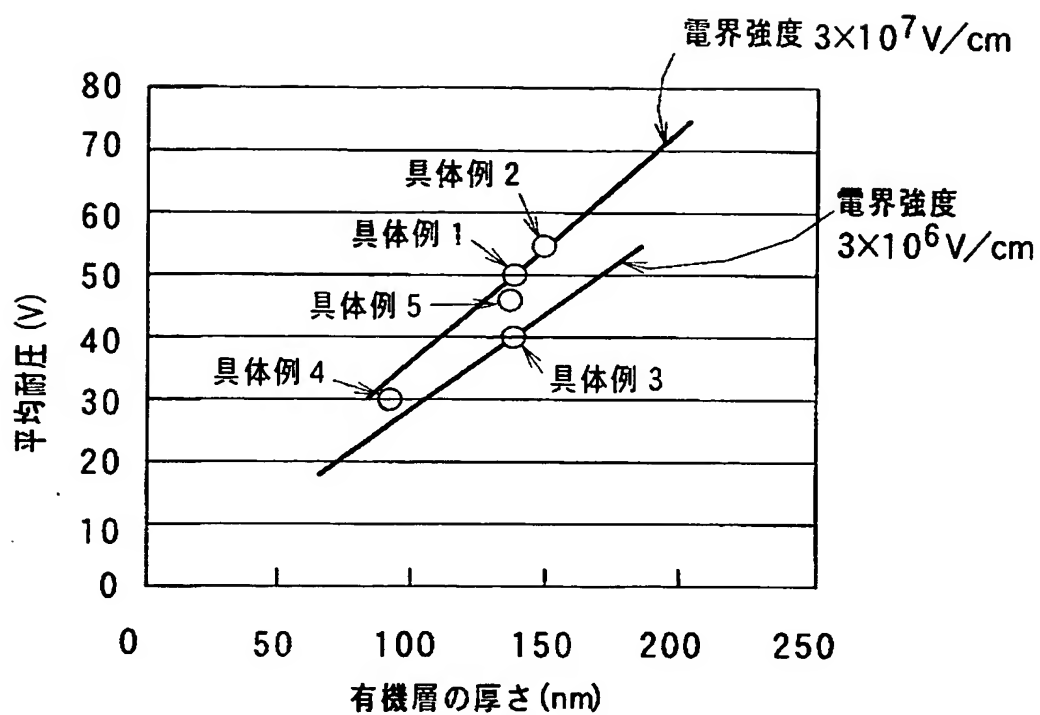
逆バイアス電圧  $V_r$  / 有機層厚さ  $D_y = Y_a$

【図 9】

項目	好ましい範囲	具体例 1	具体例 2	具体例 3	具体例 4	具体例 5
下部電極表面粗さ: Ra (nm)	$Ra \leq 2.0$	1.2	1.2	1.8	0.6	1.2
有機層厚さ: Dy (nm)		135	143	135	85	135
上部電極厚さ: Da (nm)		80	70	60	60	80
逆バイアス電圧: Vr (V)		20	20	17	14	18
有機層の耐圧: Vd (V)		50	53	40.5	30	46
電界強度: Vd/Dy (V/nm)	$Vd/Dy \geq 3 \times 10^6$	$3.7 \times 10^6$	$3.7 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	$3.5 \times 10^6$	$3.4 \times 10^6$
Vr/Da: Xa (V/cm)	$Xa \geq 2.2 \times 10^6$	$2.5 \times 10^6$	$2.9 \times 10^6$	$2.8 \times 10^6$	$2.3 \times 10^6$	$2.3 \times 10^6$
Vr/Da: Xa (V/cm)	$Xa \geq 2.2 \times 10^6$	$2.5 \times 10^6$	$2.9 \times 10^6$	$2.8 \times 10^6$	$2.3 \times 10^6$	$2.3 \times 10^6$
Vr/Dy: Ya (V/cm)	$1.2 \times 10^6 \leq Ya \leq 2.2 \times 10^6$	$1.5 \times 10^6$	$1.4 \times 10^6$	$1.2 \times 10^6$	$1.6 \times 10^6$	$1.3 \times 10^6$



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 有機 E L パネルにおいて画素の自己修復を確実に実現できるようにする。

【解決手段】 下部電極 2 0 と上部電極 4 0 との間に発光層 3 3 を含む有機層 3 0 を備えてなる画素 5 0 を有する有機 E L パネルにおいて、使用時の電圧印加条件における有機層 3 0 の耐圧以下の逆バイアス電圧を印加する、好ましくは有機層 3 0 の耐圧の  $1/2$  以下の逆バイアス電圧を印加する。それにより、使用時の電圧印加条件における有機層の耐圧を指標として、自己修復するための逆バイアス電圧の値を適度な大きさに決定することができ、画素 5 0 の欠陥部が自己修復できるようになっている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 4 3 9 8 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 6 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 1 0 月 8 日

[変更理由]

名称変更

住 所

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地

氏 名

株式会社デンソー